

PC1D를 이용한 결정질 실리콘 태양전지 최적화

이용우, 이영석, 한규민, 이준신
성균관대학교

Optimization of High Efficiency Single Crystalline Silicon Solar Cell by Using PC1D

Yong-woo Lee, Young-seok Yi, Kyu-min Han, Jun-sin Yi
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : 결정질 실리콘 웨이퍼의 도핑농도와 도핑깊이, 비저항은 태양전지의 효율을 결정하는데 매우 중요한 요소이다. 높은 효율을 갖는 태양전지의 설계를 위해 PC1D를 이용해 태양전지의 에미터 도핑농도와 깊이, 베이스 비저항을 조절하였다. 최적화 결과 emitter peak doping $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 와 depth factor $1 \mu\text{m}$, base ρ $0.1 \Omega\text{-cm}$, 즉 sheet resistance $69.15 \Omega/\text{square}$ 와 X_j $1.603 \mu\text{m}$ 일 때 $I_{sc} = 5.478(\text{A})$, $V_{oc} = 0.7013(\text{V})$, $P_{max} = 2.828(\text{W})$, $\text{FF} = 73.61(\%)$, Efficiency = 19.03(%)의 고효율을 얻을 수 있다.

Abstract : Doping depth, doping concentration, and resistivity of crystalline silicon solar cell are variables which take important portion in solar cell's efficiency. To get highly efficient solar cell, PC1D is used to calculate I_{sc} , V_{oc} , and P_{max} . Depth factor, peak doping, and base resistivity was used as variables. As a result, the optimized value of emitter peak doping is $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, depth factor is $1 \mu\text{m}$, and base ρ is $0.1 \Omega\text{-cm}$. Under the optimized condition, the solar cell gets efficiency 19.03(%)

Key Words : single crystalline solar cell; PC1D; high efficiency; doping; base resistivity, depth; optimization,

1. 서론

태양전지의 효율을 높이기 위해 사용되는 방법들 중 가장 대표적인 세가지는 texturing과 doping, passivation이다. 이중 doping은 불순물의 농도와 불순물 주입 깊이, 비저항의 제어가 중요하게 작용한다. 본 논문에서는 PC1D를 사용하여 doping의 변화를 통해 최적의 변환효율을 얻어내도록 했다.

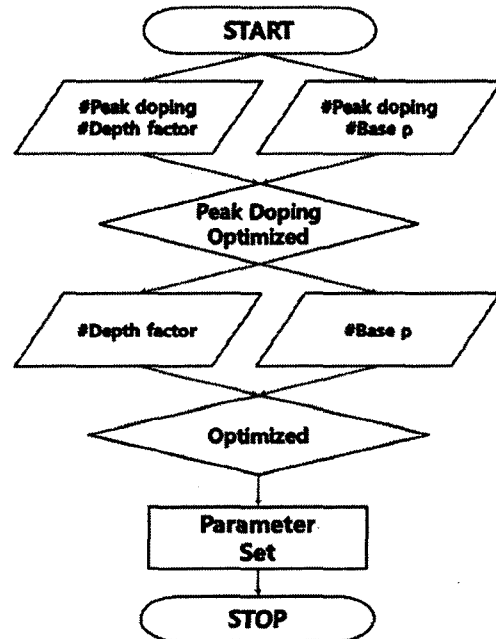
2. 실험

사용된 실리콘 웨이퍼의 특성은 <표 1>에 나타냈다.

Device	
Area	148.58cm^2
Texture depth	$3 \mu\text{m}$
Texture angle	54.74°
Reflectance	7%
Region	
Thickness	$270 \mu\text{m}$
Carrier lifetime	$\tau_n = \tau_p = 100 \mu\text{s}$
recombination velocity	100cm/s
Exitation	
Temperature	25°C
Intensity	0.1W/cm^2

<표 1> 시뮬레이션 조건.

최적화된 조건을 찾기 위한 순서를 <그림 1>에 나타냈다.



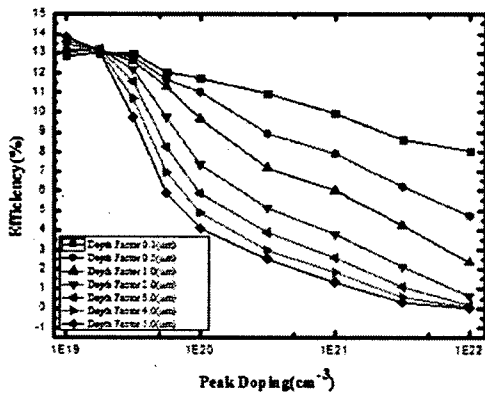
<그림 1> PC1D 시뮬레이션을 위한 최적화 순서도.

최대효율을 낼 수 있는 peak doping을 찾기위해 depth factor와 Base ρ 를 peak doping에 따라 변화시켜보았다. 두

가지 경우 모두 최적의 변환효율을 가지는 peak doping이 동일했다. 이 peak doping을 고정시키고 depth factor와 Base ρ 를 변화시켜 최적의 변환효율을 구할 수 있었다.

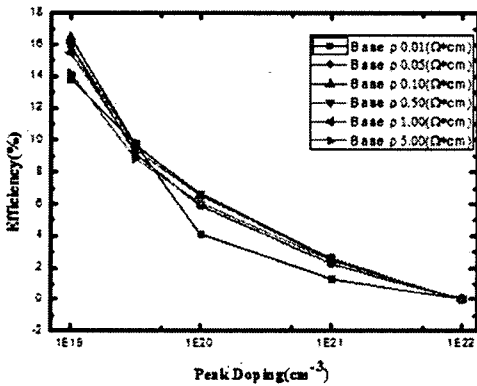
3. 결과 및 고찰

베이스층 도핑농도와 비저항을 $7.355 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 와 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$ 로 고정하고 에미터층의 도핑농도와 두께를 변화시켜 보았다. 에미터층의 도핑농도는 면저항과 반비례하고 에미터층의 두께는 X_j 와 비례하기 때문에 <그림 2>에서 보듯이 도핑농도가 높아질수록 면저항은 낮아져서 태양전지의 효율이 낮아진다.



<그림 2> 에미터층 도핑농도와 depth factor에 따른 효율변화.

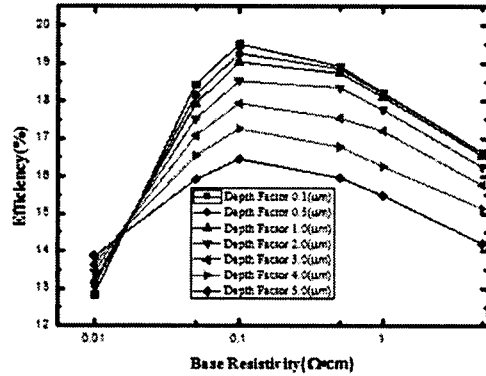
<그림 3>에서도 도핑농도가 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 부근일 때 최대 효율을 갖는다. Base Resistivity가 커질수록 효율이 낮아지는 것을 볼 수 있다.



<그림 3> 에미터층 도핑농도와 base ρ 에 따른 효율변화.

<그림 2>와 <그림 3>에서 나타난 결과가 공통적으로 peak doping $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 일 때 최대값을 가지므로 이 값을 고정시키고 depth factor와 Base ρ 를 변화시키는 시뮬레이션을 반복한 결과 <그림 4>를 얻을 수 있다.

<그림 4>에서처럼 base ρ $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ 를 정점으로 효율이 감소하는 모습을 볼 수 있는데 정점을 중심으로 오른쪽의 경우 비저항이 커지면서 도핑농도가 작아지게 되는데 이 때문에 효율이 감소하는 경향성을 가지게 된다.



<그림 4> 베이스 비저항에 따른 효율 변화.

4. 결론

위의 과정을 통해서 최적화 된 값은 emitter peak doping $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 과 depth factor $1 \mu\text{m}$, base ρ $0.1 \Omega \cdot \text{cm}$, 즉 sheet resistance $69.15 \Omega/\text{square}$ 와 X_j $1.603 \mu\text{m}$ 였고 결과적으로 $I_{sc} = 5.478(\text{A})$, $V_{oc} = 0.7013(\text{V})$, $P_{max} = 2.828(\text{W})$, $\text{FF} = 73.61(\%)$ 를 얻게 된다. 이를 계산해서 최종 변환효율 19.03(%)를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 태양전지 제작의 효율을 설계 하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

감사의 글

실험을 도와주신 성균관대 정보통신소자 연구실원들에게 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이준신 김경해 공저, “태양전지 공학”, 그린
- [2] 삼성SDI, “초고효율 결정질 실리콘 태양전지 개발”, 과학기술부, p24~26, p31~32, 2003
- [3] 구와노 유키노리, “태양전지란 무엇인가?”, 아카데미서적
- [4] 임원섭, “PCID를 이용한 단결정 실리콘 태양전지 효율의 최적화”, 한국전기전자재료학회, 2007
- [5] 최영준, “고효율 단결정 실리콘 태양전지의 제작을 위한 PCID 시뮬레이션 최적화”, 한국전기전자재료학회, 2007
- [6] 이영석, “고효율 실리콘 태양전지 제작을 위한 PCID 최적화”, 대한전기학회, 2007